

火力发电厂锅炉节能降耗的对策与措施探究

郝 雍

内蒙古蒙泰不连沟煤业有限责任公司煤矸石热电厂 内蒙古 鄂尔多斯 010319

摘 要：火力发电锅炉的运行能耗直接关乎机组整体经济性，降低能耗是提升发电效率的关键所在。本文从锅炉热力系统的能量损失机理入手，剖析排烟热损失、不完全燃烧热损失以及辅机管网能耗的成因与规律，并围绕配风优化、煤粉燃烧管理、受热面清洁、排烟余热回收、辅机变频改造及运行精细化管控等维度提出降耗对策，为火电机组节能运行提供系统性技术参考。

关键词：火力发电锅炉；节能降耗；燃烧优化；余热回收；运行管理

引言：锅炉是火力发电厂实现热能转换的核心设备，其运行状态直接决定机组能耗水平。当前锅炉运行中排烟热损失、化学与机械不完全燃烧损失、辅机电耗及散热损失构成能耗主体，各环节之间相互关联、彼此制约。深入分析各环节的损耗机理并提出针对性技术措施，对于压缩供电煤耗、提升机组经济性具有直接的工程参考价值，也是火电企业降本增效的现实需求。

1 锅炉热力系统能耗构成与损失机理

1.1 排烟热损失的形成原因

锅炉运行过程中烟气会携带大量热能直接排出设备本体，是热力系统热能损耗的主要形式之一。烟气整体温度处于较高水平时，高温烟气会持续携带炉膛内部未充分利用的余热向外扩散，造成大量热能无端流失。烟气总体积处于偏大状态时，高温烟气蕴含的整体热量会被持续稀释，热能利用的有效程度出现明显下降，炉膛内部的换热效率随之降低^[1]。燃烧过程中的空气配比状态会直接影响排烟热能损耗水平，空气配比数值处于偏高状态时，大量低温冷空气会持续参与炉膛内部的燃烧换热过程。低温空气在炉膛内吸收热量完成升温后随烟气一同排出设备，持续增加排烟环节的整体热损耗，加剧锅炉热力能源的消耗。

1.2 不完全燃烧热损失的产生途径

燃料燃烧不充分会造成大量化学能无法转化为有效热能，进一步增加锅炉热力系统的能耗总量。固体燃料燃烧不充分的现象多出现于煤粉加工质量不达标的工况，煤粉颗粒整体粗细程度无法适配炉膛燃烧条件，叠加炉膛内部整体温度水平不足，部分固体燃料无法完全燃尽，最终形成的飞灰会留存大量碳元素，造成固体燃料热能浪费。炉膛内部配风布局不均匀会造成局部燃烧区域氧气供给不足，燃料处于缺氧燃烧状态时无法充分氧化分解，燃烧反应会生成大量一氧化碳等未完全氧化

气体，留存于烟气中排出设备，形成气体燃烧热损耗。锅炉炉体金属结构会持续与外界环境产生热量交换，形成固定的散热损耗。燃料燃烧后产生的灰渣会留存一定温度与热能，灰渣外排过程中会带走部分有效热量，增加系统整体能耗。

1.3 锅炉辅机与管网系统能耗特征

锅炉配套辅助设备的持续运转会消耗大量电能，辅助机电量消耗是火电厂厂用电消耗的重要组成部分。送风设备引风设备及给水设备长期处于连续运行状态，设备运行工况的波动会直接影响电厂整体用电能耗。热力输送管道及各类阀门构件会对介质输送形成阻力，介质流通过程中会产生节流损耗。管道表层保温结构出现破损或性能不足时，管道内部高温介质的热量会持续向外散发，造成热力损耗。锅炉运行过程中的减温减压调控环节，会改变介质原有温度与压力参数，介质参数调整过程中会损耗部分热能与工质资源。锅炉排污作业会排出部分高温水体，水体携带的热量无法参与系统换热，形成持续性的工质与热量损耗。

2 锅炉燃烧过程节能优化措施

2.1 配风与燃烧调整优化

锅炉燃烧系统的节能运行依托精细化的配风调控体系，合理调控送风参数能够从源头改善燃烧状态并减少热能损耗。火电机组运行期间，工作人员可结合锅炉实时运行状态调节一级送风与二级送风的配比参数以及送风风速，精准把控炉膛内部空气输入总量，压缩燃烧过程留存的多余空气体量。科学管控空气供给量能够减少多余空气吸热升温造成的热量流失，提升炉膛内部热能利用的有效程度^[2]。全面优化炉膛内部送风布局，让气流可以均匀弥散至炉膛各个燃烧区域，消除局部区域空气供给不足的问题。稳定均衡的送风环境能够弱化炉膛内部温度不均衡的问题，让整体燃烧工况处于平稳运行状

态。低氮燃烧技术升级改造属于锅炉节能与减排的重要手段,改造工作需要立足锅炉燃烧本质,调整内部送风结构与燃烧运行逻辑,让燃料燃烧转化效率维持优质水平,把控烟气污染物生成量级,实现燃烧系统运行质量与环保运行标准的协调统一。

2.2 煤粉制备与燃烧管理

煤粉制备品质是影响锅炉燃烧效率的核心因素,制备环节的精细化调控可以为完全燃烧提供基础保障。通过调整磨煤机的启停状态、运行负荷等各项运行方式,把控煤粉研磨的精细程度,让成型煤粉的颗粒规格适配炉膛燃烧温度与送风条件。粒度均匀的煤粉可以充分接触氧气参与氧化反应,杜绝燃烧不充分引发的能源浪费。持续规整燃煤输送系统的运行状态,保持炉膛内部燃料供给的均匀性,规避燃料堆积浓度过高或燃料分布过于稀疏的异常工况。稳定的燃料分布状态可以保障燃烧反应有序推进,提升燃料化学能向热能的转化效率。电厂燃煤来源存在多样性特征,煤质参数会出现动态变化,运行过程中需要依托煤质检测结果调整燃煤掺配方式,根据热值、灰分、挥发分的波动情况动态适配燃烧运行模式,弱化煤质变动对燃烧系统造成的负面干扰,维系燃烧工况的稳定能耗水平。

2.3 炉内燃烧工况调控

炉膛内部温度场的分布状态直接决定煤粉着火效率与燃尽效果,炉膛温度一般需维持在1300—1500℃的区间内,科学调控炉膛温度环境可以大幅提升燃料燃烧的完整程度。通过匹配合理的送风与给煤参数,构建均匀稳定的炉膛温度场,为煤粉着火燃烧提供适宜的温度条件,助力煤粉快速着火并充分燃尽,减少未燃尽燃料带来的能耗损失。结合锅炉不同运行负荷调整燃烧器的投运方案,更换燃烧器组合运行模式,微调燃烧器喷射摆角,改变火焰喷射轨迹与扩散范围。优化后的燃烧结构可以提升火焰在炉膛内部的填充程度,充分利用炉膛内部换热空间,强化整体燃烧换热效果。电网负荷调整会带动锅炉运行负荷产生波动,工况突变会扰乱炉内燃烧的稳定性。通过提前预判负荷变化趋势,动态适配燃料供给量与送风参数,削弱负荷波动对燃烧工况的冲击,稳固炉内燃烧状态,规避工况紊乱引发的各类能耗损耗,保障锅炉长期高效节能运行。

3 锅炉受热面与热力系统降耗技术

3.1 受热面清洁与传热强化

锅炉长期运行过程中,烟气裹挟的粉尘与燃烧残渣会持续附着于各类受热面表层,逐步形成积灰与结渣层。这类附着物质导热性能处于较低水平,会大幅弱化

受热面的热量交换能力,阻碍炉膛内部热量向介质的有效传递,造成热力利用效率持续下降^[3]。结合设备运行负荷与燃料燃烧状态调整清洁作业周期,能够始终维持受热面表层洁净状态,保障传热结构保持稳定换热性能。不同类型吹灰工艺具备差异化运行优势,声波吹灰适配轻度积灰的常态化清理作业,能够实现全方位无死角的表层除尘作业。蒸汽吹灰可以应对厚重结渣与顽固积灰问题,适配高负荷运行后的深度清洁场景,合理选择清理方式可以提升清洁作业的针对性与实效性。针对性开展受热面防磨防爆处理工作,对受热面薄弱结构进行防护优化,降低管壁磨损与裂纹产生概率,规避受热面介质泄漏问题,减少介质外泄引发的热能损耗,维持热力系统封闭运行的换热效率。

3.2 排烟温度与排烟量控制

尾部烟气留存大量低温余热,未加处理直接外排会造成显著的能源浪费。对锅炉尾部换热设备进行升级改造,完善低温省煤器与空气预热器的设备结构与换热性能,可以充分捕捉烟气留存余热,将回收热量重新导入热力循环体系,提升整体热能利用层级。设备壳体与连接烟道的密封结构老化会引发多处缝隙漏风,外界低温空气持续渗入烟风系统会抬高排烟总体体量,推高排烟温度数值。针对性开展炉膛烟道及预热器密封治理工作,修复各类密封缺陷,缩减系统漏风水平,减少低温空气渗入带来的热能损耗。制粉系统与烟风系统的运行工况会直接影响排烟总体积,通过规整系统运行状态,把控设备进风与排风体量,抑制无效烟气增量产生,缩减排烟环节的余热流失规模,持续优化排烟系统的节能运行状态。

3.3 给水与蒸汽系统优化

高压加热器是给水预热循环的核心设备,提升设备有效投入时长可以强化给水预热效果,减少锅炉本体升温所需的热量消耗。对疏水管路与调控结构进行优化调整,规整疏水输送流程,改善疏水运行工况,规避疏水换热不充分的问题。锅炉排污作业会排出大量高温水体,这类水体蕴含可观余热,直接排放会造成能源浪费。搭建完善的排污热量回收体系,对连续排污与定期排污产生的高温介质进行余热回收,将再生热量重新投入系统循环,提升能源复用水平。热力系统各类管路与连接构件长期运行会出现密封弱化问题,引发介质渗漏现象。常态化开展系统巡检与维护工作,排查治理各类渗漏隐患,减少工质无端流失,锁住系统内部有效热量,降低给水与蒸汽循环过程中的能耗损耗,保障热力系统高效稳定运行。

4 锅炉辅机系统与运行管理节能措施

4.1 风机与水泵变频节能改造

火电机组传统风机调控模式依托入口挡板完成风量调节,挡板节流结构会产生明显的动力损耗,长期运行会增加无效电能消耗^[4]。对送风机与引风机设备开展调速结构升级,利用变频调速模式替代传统挡板调节方式,可以根据机组实际运行负荷匹配设备运转转速,弱化节流阻力带来的动力浪费,让风系统输送工况贴合锅炉实际需求。给水泵的驱动形式优化可以有效削减厂用电消耗总量,调整驱动结构将电动驱动模式替换为汽动驱动模式,依托机组富余蒸汽能量带动设备运转,减少电网电能的持续消耗,优化全厂用电结构。循环水泵与冷却风机长期处于持续性运转状态,固定转速运行模式无法适配动态变化的机组工况。针对这类辅机设备推行变频优化运行模式,结合机组负荷状态与换热需求调节设备运行转速,适配不同工况下的介质输送体量,削减低负荷工况下的无用功耗,实现辅机设备的高效节能运行。

4.2 保温与散热损失控制

锅炉本体及高温输送管道长期暴露于外部环境,表层保温结构会出现老化脱落以及性能衰减等问题,造成高温介质热量持续向外散失。对破损老化的保温层开展全面修复作业,更换高性能保温隔热材料,能够强化设备表层的隔热能力,阻隔内部热量向外扩散,缩减设备运行过程中的散热损耗。管道系统的阀门与法兰连接位置容易出现密封不严的问题,细微缝隙会引发介质外溢与热量流失,成为热力损耗的主要点位。定期对各类连接构件开展泄漏治理工作,加固密封结构,消除介质外泄隐患。合理规整设备管道的整体布置结构,精简多余外露的高温构件,缩减高温设备与空气的接触范围,降低表层热辐射的散发强度,全方位压制热力系统被动散热损耗。

4.3 运行操作与管理节能

锅炉启停阶段的温度与压力参数会产生动态变化,不合理的操作方式会加剧热应力波动,增加不必要的能量消耗。规范启停阶段的操作流程,平稳调控参数变化速率,将启停环节的能量损耗控制在较低水平。机组运行负荷会跟随电网调度需求产生动态变动,不同负荷区间对应差异化的最优运行参数。依托机组运行特性匹配适配的送风参数、燃料供给参数以及炉膛运行参数,让锅炉在各类工况下都能维持高效运转状态。规范现场人员的作业行为,搭建标准化操作体系,对燃烧调整方式、受热面吹灰间隔、系统排污频次开展精细化管控^[5]。细化的作业标准可以规避人为操作偏差带来的工况失衡问题,稳定锅炉燃烧与换热效率,依托科学运维模式持续挖掘机组节能运行潜力。

结束语

锅炉节能降耗涉及燃烧调整、受热面维护、热力系统优化与运行管理等多个层面。配风精细化调控、受热面清洁强化、排烟余热回收以及辅机变频改造等技术手段,配合规范化操作与设备状态管理,能够在各环节同步压缩能耗。各措施相互衔接、协同推进,方可持续挖掘火电机组的节能运行潜力,推动机组能效水平稳步提升,助力火电行业可持续发展。

参考文献

- [1]王国栋,谷爱军,刘斌.火力发电厂锅炉节能降耗的对策研究[J].电力系统装备,2024(4):64-66.
- [2]叶小兵.火力发电厂锅炉节能降耗的对策分析[J].低碳世界,2022,12(5):64-66.
- [3]吴斯同.火力发电厂锅炉节能降耗的对策探究[J].电力设备管理,2022(23):320-322.
- [4]张正樵.火力发电厂锅炉节能降耗的对策与措施探究[J].中国高新科技,2024(3):104-106.
- [5]刘禹.火力发电厂锅炉节能降耗的对策研究[J].电脑爱好者(普及版)(电子刊),2022(7):935-936.